



ADAMS & WILKS  
ATTORNEYS AND COUNSELORS AT LAW  
17 BATTERY PLACE  
SUITE 1231  
NEW YORK, NEW YORK 10004

BRUCE L. ADAMS  
VAN C. WILKS\*

JOHN R. BENEFIEL\*  
FRANCO S. DE LIGUORI\*  
TAKESHI NISHIDA

\*NOT ADMITTED IN NEW YORK  
\*REGISTERED PATENT AGENT

RIGGS T. STEWART  
(1924-1993)

TELEPHONE  
(212) 809-3700

FACSIMILE  
(212) 809-3704

December 29, 2006

Mail Stop Issue Fee  
COMMISSIONER FOR PATENTS  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Re: Patent Application  
of Yoshiharu SUGANO  
Appln. No. 10/809,555

Filing Date: March 25, 2004  
Docket No. S005-5251

S I R:

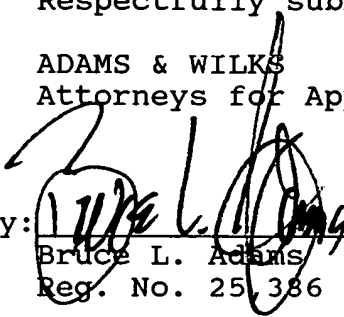
The above-identified application was filed claiming the right of priority based on the following foreign application(s).

Japanese Patent Appln. No. 2003-091986 filed March 28, 2003

Certified copy(s) are annexed hereto and it is requested that these document(s) be placed in the file and made of record.

Respectfully submitted,

ADAMS & WILKS  
Attorneys for Applicant(s)

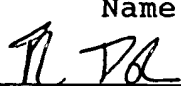
By:   
Bruce L. Adams  
Reg. No. 25,386

MAILING CERTIFICATE

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first-class mail in an envelope addressed to: Mail Stop Issue Fee, COMMISSIONER FOR PATENTS, P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia, 22313-1450, on the date indicated below.

Thomas Tolve

Name

  
Signature

DECEMBER 29, 2006

Date

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

2003年 3月28日

出願番号  
Application Number:

特願2003-091986

[ST. 10/C]:

[JP2003-091986]

願人  
Applicant(s):

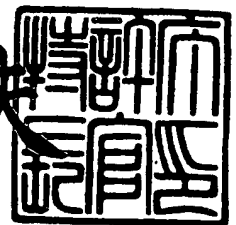
セイコーインスツルメンツ株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2004年 4月 7日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3028450

【書類名】 特許願

【整理番号】 03000216

【提出日】 平成15年 3月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01R 31/00  
G01N 27/00  
G01N 13/10

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス  
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 菅野 芳春

【特許出願人】

【識別番号】 000002325

【氏名又は名称】 セイコーインスツルメンツ株式会社

【代表者】 入江 昭夫

【代理人】

【識別番号】 100096378

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂上 正明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008246

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0103799

【プルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電気特性評価装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被測定物の電気特性を測定する電気特性評価装置であって、  
前記被測定物の測定領域に磁場を発生させる磁場発生機構と、  
前記測定領域近傍で磁場を測定する磁気センサと、  
導電性の探針を有して該探針が前記測定領域に接触可能に支持された接触子と、  
前記探針に電圧を印加する電圧源と、  
互いに接触状態とされた前記探針と前記被測定物との間における電流又は電気抵抗を測定する電気特性計測部とを備えていることを特徴とする電気特性評価装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の電気特性評価装置において、  
前記磁場発生機構が、互いに対向配置された一対の磁極部材を有する磁場コイルを備え、  
前記磁気センサ及び前記接触子が、前記一対の磁極部材間の中央位置に配されていることを特徴とする電気特性評価装置。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の電気特性評価装置において、  
前記一対の磁極部材が、棒状又は板状に形成されていると共に互いに先端を前記測定領域に向け前記測定領域表面に対して斜めに配されていることを特徴とする電気特性評価装置。

【請求項 4】 請求項 1 から 3 のいずれかに記載の電気特性評価装置において、  
前記探針を前記被測定物に接触させた状態で前記接触子と被測定物とを相対的に移動させて走査可能な移動機構を備えていることを特徴とする電気特性評価装置。

【請求項 5】 請求項 4 に記載の電気特性評価装置において、  
前記接触子がカンチレバーとされ、  
前記探針が前記被測定物に接触した際のカンチレバーの撓み量を測定する撓み

測定機構と、

該撓み測定機構で得られた撓み量を一定にするよう前記移動機構を制御する制御部とを備えていることを特徴とする電気特性評価装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気抵抗効果素子等の試料を微小領域にて測定し、その電気的特性を評価する電気特性評価装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

周知のように、電子材料等の試料の電気抵抗、電気伝導度及び電流電圧特性等の電気特性を評価するために、試料に流れる電流を計測して電気特性を評価する方法が一般的に知られている。例えば、バルク状の電子材料の電気特性を測定する装置としては、電極プローブを有した電気伝導度測定装置や拡がり抵抗測定装置等の電気特性評価装置が知られている。

また、分子レベルの微小領域において、電子材料等の試料の電気抵抗等の電気特性を測定する装置としては、走査型トンネル顕微鏡が知られている。この走査型トンネル顕微鏡は、先端径が数十 nm の曲率半径で且つ導電性を有する金属探針を、試料に対して数 nm の距離まで近づけて、試料との間でトンネル電流を流す。そして、このトンネル電流を一定に保つように、金属探針と試料との距離を制御した状態で、試料上を走査することによって試料表面の形状を画像化することが可能である。

【0003】

更に、超伝導磁石を用いた強磁場中に真空容器を設置して、物質表面構造の分析を行う磁場中走査型マルチプローブ顕微鏡が知られている（特許文献 1 参照）。この磁場中走査型マルチプローブ顕微鏡では、強磁場中における磁性材料の磁気ドメインの変化や磁場誘起相転移過程の観察等、強磁場を印加した状態での磁性体材料や半導体材料の表面構造の観察が可能とされている。

【0004】

また、近年様々な種類の記憶素子や電子デバイス等が開発され、これらに使用される材料の物性や機能及び特性、更には素子単体の性能等の電気的特性評価が重要視されている。特に、次世代の記憶素子として期待されているトンネル磁気抵抗効果素子を用いたM R A M (Magnetoresistive Random Access Memory) や、巨大磁気抵抗効果素子を用いたR R A M (Resistance RAM) 等、磁気を利用してデータを記憶するメモリの特性評価が求められている。この種の素子は、セル面積が $0.1 \mu\text{m}^2$ 以下と微小であり、今後さらに微細化が進展するため局所的な電気特性を評価する技術に対する要求が高まっている。

このような磁気抵抗効果素子等の電気特性を評価する場合は、磁性体層の磁界の向きを制御する必要があり、外部の永久磁石や電磁石等を使用して磁界の向きや大きさを変化させた後に、材料評価装置等に載せ替えて試料の電気的特性を測定する方法が一般的とされている。

#### 【0 0 0 5】

##### 【特許文献 1】

特開 2 0 0 1 - 5 0 8 8 5 号公報 (段落番号 0 0 0 2 - 0 0 1 1、第 1 図)

#### 【0 0 0 6】

##### 【発明が解決しようとする課題】

ところで、上記従来の電極プローブを有した電気伝導度測定装置や拡がり抵抗測定装置等の電気特性評価装置では、電極プローブの先端曲率半径が、数百  $\mu\text{m}$  以上と大きいため、試料のマクロ的な評価は可能であったが、数  $\mu\text{m}$  以下の微小領域における電気特性の評価をすることは困難であった。

また、上記従来の走査型トンネル顕微鏡では、トンネル電流を測定して試料の詳細な表面情報は得ることができるものの、金属探針と試料との間にギャップが存在するため、試料に直接接触することができず、試料のみのトンネル電流を定量的に計測することは困難であった。

更に、上記従来の磁気抵抗効果素子等の電気特性評価を行う材料評価装置等では、外部の永久磁石や電磁石等により試料の磁界の向きや大きさを変化させた後、電気特性を測定するので、試料の微小領域の磁界を変化させながら電気特性を測定することは困難であった。

## 【0 0 0 7】

また、特許文献 1 記載の磁場中走査型マルチプローブ顕微鏡では、超伝導磁石を用いた強磁場中に試料を置くため、例えば、数百ガウス程度の弱磁場中において、磁性体層の磁界の向きが変化するようなトンネル磁気抵抗効果素子等の磁気抵抗素子や電子材料の電気的特性を評価するには不都合があった。

また、真空容器内部へ試料を設置する必要があるため、一度試料を設置した後、試料の移動、操作を行うのは困難であった。更に、真空容器を使用する場合には試料の大きさに制限があるため、ウェハレベルでの電子材料の測定や評価には適さないという不都合があった。

## 【0 0 0 8】

この発明は、このような事情を考慮してなされたもので、その目的は、試料を磁場空間中に置き、磁界の大きさやその変化量を制御しながら試料の微小領域における電流等を測定することが可能な電気特性評価装置を提供することである。

## 【0 0 0 9】

## 【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、この発明は以下の手段を提供している。

本発明の電気特性評価装置は、被測定物の電気特性を測定する電気特性評価装置であって、前記被測定物の測定領域に磁場を発生させる磁場発生機構と、前記測定領域近傍で磁場を測定する磁気センサと、導電性の探針を有して該探針が前記測定領域に接触可能に支持された接触子と、前記探針に電圧を印加する電圧源と、互いに接触状態とされた前記探針と前記被測定物との間における電流又は電気抵抗を測定する電気特性計測部とを備えていることを特徴とするものである。

## 【0 0 1 0】

この発明に係る電気特性評価装置においては、磁場発生機構を備えているので、被測定物に対して磁場を作用させることが可能になり、被測定物の測定領域において探針を接触させ、探針に電圧を印加することで、電気特性計測部により被測定物に流れる電流又は電気抵抗が任意の磁場中で測定可能になる。これにより、任意の磁場中で探針と接触している微小な測定領域の、例えば、電流分布、導電性分布、電気抵抗分布等の電気特性を得ることができる。従って、上述した被

測定物の電気特性が、外部磁場によりどのように変化するか等の外部磁場の影響具合を観察することができる。特に、従来電気特性評価が困難であった、磁気抵抗効果素子等の試料について、容易に且つ確実に電気特性評価を行うことができる。

更に、磁気センサにより発生した磁場の大きさ等を正確に測定できるので、例えば、この測定値に基づいて磁場発生機構をフィードバック制御することにより、所望する磁場を高精度に被測定物に与えることも可能である。

#### 【0011】

本発明の電気特性評価装置は、上記本発明の電気特性評価装置において、前記磁場発生機構が、互いに対向配置された一対の磁極部材を有する磁場コイルを備え、前記磁気センサ及び前記接触子が、前記一対の磁極部材間の中央位置に配されていることを特徴とするものである。

#### 【0012】

この発明に係る電気特性評価装置においては、一対の磁場コイルが、互いに対向配置され、この一対の磁場コイルに挟まれた中央位置において、磁気センサ及び接触子が配されているので、一対の磁場コイルによって発生された磁場の大きさの勾配分布が測定領域で最小となり所望の磁場を高精度に得やすい。なお、一対の磁場コイルが被測定物に対して発生する磁場は、磁場コイルに流す電流のみで制御することができるので、容易に磁場発生機構を構成することができる。

#### 【0013】

本発明の電気特性評価装置は、上記本発明の電気特性評価装置において、前記一対の磁極部材が、棒状又は板状に形成されていると共に互いに先端を前記測定領域に向け前記測定領域表面に対して斜めに配されていることを特徴とするものである。

この発明に係る電気特性評価装置においては、一対の磁極部材が、先端を前記測定領域に向け前記測定領域表面に対して斜めに配されているので、被測定物の大きさに制限されることなく、磁場を被測定物に対して発生させることが可能になる。即ち、各磁極部材の先端を試料の測定領域に対して可能な限り近づけて、局所的に磁場を発生させることができる。また、測定領域に磁場発生部材を近接

可能であるので、低い電流量で効果的に磁場を発生させることができる。

#### 【0014】

本発明の電気特性評価装置は、上記本発明のいずれかに記載の電気特性評価装置において、前記探針を前記被測定物に接触させた状態で前記接触子と被測定物とを相対的に移動させて走査可能な移動機構を備えていることを特徴とするものである。

この発明に係る電気特性評価装置においては、移動機構を備えているので、被測定物に探針を接触させて、被測定物の電流又は電気抵抗等を計測しながら被測定物の走査が可能である。これにより、被測定物の電流像等を測定することができ、被測定物の電気特性分布を得ることができる。

#### 【0015】

本発明の電気評価特性装置は、上記本発明の電気特性評価装置において、前記接触子がカンチレバーとされ、前記探針が前記被測定物に接触した際のカンチレバーの撓み量を測定する撓み測定機構と、該撓み測定機構で得られた撓み量を一定にするよう前記移動機構を制御する制御部とを備えていることを特徴とするものである。

この発明に係る電気特性評価装置においては、カンチレバーで被測定物上を走査する際、測定機構によりカンチレバーの撓み量を測定可能であるので、被測定物の表面形状に対するカンチレバーの上下変位量が測定可能である。この上下変位量を測定することにより、変位量を一定にするようカンチレバーを上下させ、又は直接変位量に基づいて被測定物の表面形状を容易に観察することができる。これにより、被測定物上を円滑に走査できると共に、同一場所をバイアス電圧を印加させながら走査でき、走査領域において被測定物の電気特性分布を評価することができる。

#### 【0016】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る一実施形態について、図1から図4を参照して説明する。図1に示す電気特性評価装置1は、磁場を印加した際の試料（被測定物）Aの電気特性を測定するものであってプローブ顕微鏡測定部2を備え、プローブ顕微鏡

測定部 2 には、試料 A の測定領域に磁場を発生させる磁場コイル（磁場発生機構）10 と、該測定領域近傍で磁場を測定する磁気センサ 11 と、導電性の探針 21a を有して探針 21a が測定領域に接触可能に支持されたカンチレバー（接触子）21 とを備えている。この探針 21a は、シリコン、窒化シリコン等の材質から形成され、金や白金やダイヤモンドライクカーボン等の導電性材料がコーティングされている。また、探針 21a は、カーボンナノチューブやダイヤモンド単結晶などの硬質導電材を使用してもよい。

また、電気特性評価装置 1 は、探針 21a に電圧を印加するバイアス電圧源（電圧源）26 と、互いに接触状態とされた探針 21a と試料 A との間における電流又は電気抵抗を測定する電気特性計測部 40 とを備えている。

#### 【0017】

上記プローブ顕微鏡測定部 2 は、試料 A を固定する試料台 20、カンチレバー 21 を試料 A に対して相対的に移動させる 3 次元スキャナ（移動機構）22、カンチレバー 21 に向けてレーザ光を照射するレーザ光源 23 及びカンチレバー 21 で反射したレーザ光を検出する光位置検出器 24 を有している。

試料台 20 は、試料 A を上面に固定可能とされており、XY 方向に移動可能なステージであって、試料 A の測定領域を一对の磁極部材 10a の中央位置に移動するように設定されている。この試料 A は、電流増幅器 25 にバイアス電圧を印加するためのバイアス電圧源 26 を介して電氣的に接続されている。また、カンチレバー 21 は、梃子状に形成されており、例えばシリコン、窒化シリコン等の材質から形成され、その上に金、白金やダイヤモンドライクカーボン等のカーボン系の導電性材料がコーティングされている。また、カンチレバー 21 は、3 次元スキャナ 22 と連結されており、3 次元スキャナ 22 により試料 A に対して上下方向及び前後左右方向に向けて相対的に微細移動可能とされている。即ち、試料台 20 により、試料 A の測定領域にカンチレバー 21 が移動された後、3 次元スキャナ 22 により高精度にカンチレバー 21 の位置が制御される。更に、カンチレバー 21 の一端は、電流増幅器 25 に電氣的に接続されている。

#### 【0018】

電流増幅器 25 は、上述したようにカンチレバー 21 及び試料 A に電氣的に接

続されているので、カンチレバー 21 の探針 21 a が、試料 A に接触した際に、これらの間に回路 B が形成される。即ち、探針 21 a がスイッチ的な機能を有している。また、電流増幅器 25 は、バイアス電圧源 26 により試料 A と探針 21 a との間にバイアス電圧を印加した際、試料 A に発生した電流を増幅してシステムコントローラ 30 に送る機能を有している。また、システムコントローラ 30 には、この電流値を表示する表示部 30 a が接続されている。即ち、これらカンチレバー 21、電流増幅器 25、バイアス電圧源 26、システムコントローラ 30、表示部 30 a 及び回路 B は、探針 21 a と試料 A との間における電流又は電気抵抗を測定する電気特性計測部 40 を構成している。

#### 【0019】

レーザ光源 23 及び光位置検出器 24 は、3次元スキャナ 22 と共に移動するよう配設され、且つレーザ光源 23 は、カンチレバー 21 の探針 21 a の背面にレーザ光を照射できるようカンチレバー 21 の上方に配設されている。また、光位置検出器 24 は、カンチレバー 21 の背面で反射されたレーザ光を反射光として検出する機能を有している。この光位置検出器 24 によって検出された検出値は、Zサーボ制御部（制御部）31 に入力される。Zサーボ制御部 31 は、入力された検出値に基づいて3次元スキャナ 22 を駆動し、カンチレバー 21 を Z 方向、即ち、試料 A からの高さを制御する機能を有している。これにより、カンチレバー 21 の撓み量が常に一定となるように制御される。即ち、レーザ光源 23 及び光位置検出器 24 は、カンチレバー 21 の探針 21 a が、試料 A に接触した際のカンチレバー 21 の撓み量を測定する撓み測定機構 41 を構成している。

また、3次元スキャナ 22 には、XY走査制御部 32 が接続されており、3次元スキャナ 22 を駆動し、カンチレバー 21 を XY 方向、即ち、試料 A に対して前後及び左右方向に向けて移動制御している。また、これら Zサーボ制御部 31 及び XY 走査制御部 32 は、システムコントローラ 30 に電氣的に接続されており、システムコントローラ 30 によって、総合的に制御されている。

#### 【0020】

ここで、図 2 に示すように試料 A の近傍には、板状に形成された磁極部材 10 a にコイル 10 b が巻回された一対の磁場コイル 10 が、互いに対向配置される

と共に、磁極部材 10a の先端を試料 A の測定領域に向け、試料 A の表面に対して斜めに配設されている。また、この一对の磁極部材 10a の中央位置には、カンチレバー 21 及びホール素子等の磁束密度を測定する磁気センサ 11 が配設されている。

#### 【0021】

また、図 1 に示すように、一对の磁場コイル 10 は、磁場用コイル電源 15 及び磁場コントローラ 16 に電氣的に接続されており、磁気センサ 11 は、磁場コントローラ 16 に電氣的接続されている。この磁気センサ 11 は、磁場コイル 10 が発生した磁場を測定して磁場コントローラ 16 に入力する機能を有している。磁場コントローラ 16 は、この入力信号に基づいて磁場用コイル電源 15 に制御信号を送る機能を有し、磁場用コイル電源 15 は、送られてきた制御信号に基づいて両磁場コイル 10 に電流を流す機能を有している。即ち、これら磁気センサ 11、磁場用コイル電源 15 及び磁場コントローラ 16 は、磁場コイル 10 が発生する磁場を所定の大きさの磁場となるように制御している。

更に、磁場コントローラ 16 は、システムコントローラ 30 に接続されており、システムコントローラ 30 で予め設定されたプログラミングに基づき、試料 A に対して所定の磁場の大きさ、極性、可変量等を与えるよう制御される。

#### 【0022】

ここで、図 3、図 4 に示すように試料 A は、磁気抵抗効果素子であり、強磁性体の自由層 50、固定層 51 及び自由層 50 と固定層 51 との間に絶縁体である非磁性層 52 を配した 3 層構造で形成されている。自由層 50 は、例えば数百ガウス程度の外部磁界の向きに応じて、内部磁界の向きが変化する強磁性体材料で形成されている。これに対して固定層 51 は、数百ガウス程度の弱磁界では、内部磁界の向きが影響されない強磁性体材料で形成されている。なお、測定前の状態では、自由層 50 の内部磁界の向きは、固定層 51 の内部磁界の向きと同一方向とされている。

#### 【0023】

このように構成された電気特性評価装置 1 は、試料台 20 上に試料 A を搭置して固定した後、システムコントローラ 30 により Z サーボ制御部 31 及び XY 走

査制御部 32 を制御して、試料 A 上の測定領域にカンチレバー 21 を移動させて、カンチレバー 21 先端の探針 21a を試料 A に接触させる。次いで、システムコントローラ 30 により磁場コントローラ 16 を制御して、磁場用コイル電源 15 から磁場コイル 10 のコイル 10b に所定の電流を流し、試料 A の測定領域に所定の大きさの磁場を発生させる。この際、試料 A に加える外部磁界の向きは、図 3 に示すように試料 A の自由層 50 の内部磁界と同一方向とされている。

#### 【0024】

次いで、バイアス電圧源 26 により探針 21a と試料 A との間にバイアス電圧を印加させる。バイアス電圧が印加されると、試料 A の測定領域に加えられた磁場に応じて電流が流れる。電流増幅器 25 は、この電流を検出すると共に増幅してシステムコントローラ 30 に検出値として送る。システムコントローラ 30 は、この電流値を表示部 30a に表示させる。

#### 【0025】

次いで、カンチレバー 21 を同位置に保持したまま、図 4 に示すように両磁場コイル 10 から試料 A に、固定層 51 の内部磁界の向きと反対方向に外部磁界を加える。これにより、自由層 50 の内部磁界は、外部磁界と同一方向に変化する。即ち、自由層 50 と固定層 51 との内部磁界の向きが、逆向きになるように磁場を発生させる。この状態になった際、システムコントローラ 30 により試料 A の測定領域に流れる電流値を計測する。

ここで、自由層 50 と固定層 51 との内部磁界の向きが同一方向である場合、バイアス電圧により発生した電流は、試料 A の抵抗値が小さい状態となるので、流れやすくなり大きい電流値が計測される。一方、自由層 50 と固定層 51 との内部磁界の向きが逆方向である場合、バイアス電圧により発生した電流は、試料 A の抵抗値が大きい状態となるので、流れにくくなり小さい電流値が計測される。

#### 【0026】

このように、両磁場コイル 10 が発生する磁界の向きに応じて試料 A に流れる電流値に違いが生じる。この各々の電流値をシステムコントローラ 30 で計測すると共に電流値の差を解析することにより、試料 A の測定領域、即ち探針 21a

が接触している微小領域における電流像、導電性分布、電流特性及び磁気抵抗像等の各種データを得ることができ、試料Aの電気的特性を評価することができる。

#### 【0027】

また、両磁場コイル10が発生する磁場の大きさや方向は、システムコントローラ30に予め設定されているプログラムによって制御されているので、容易に磁場の大きさや方向を変化させながら、試料Aに流れる電流値を計測することが可能である。これにより、外部磁場の大きさに対する試料Aの電流値の関係等の各種電気特性値及び電気特性分布等の関係も容易に得ることができる。

#### 【0028】

また、カンチレバー21を走査させると同時に、両磁場コイル10にて試料Aに磁界を与えることによって、走査範囲において容易に電流像、導電性分布、電流特性及び磁気抵抗像等の各種データを得ることができる。更に、試料Aを走査する際、レーザ光源23及び光位置検出器24により、試料Aの表面形状に応じた変位量を測定できるので、これにより試料Aの表面形状も容易に得ることができる。

即ち、上述したように試料Aの電流値を計測している状態で、システムコントローラ30によりXY走査制御部32を制御して3次元スキャナ22を駆動させる。これにより、カンチレバー21の先端の探針21aが試料Aに接触しながら移動する。即ち、カンチレバー21は、試料Aを走査しながら移動する。この際、カンチレバー21は、試料Aの表面形状に応じて上下に変位する。このカンチレバー21の上下変位は、カンチレバー21の背面にレーザ光源23によって照射されたレーザ光の反射角度の変位となる。この反射光の変位量は、光位置検出器24で検出されてZサーボ制御部31に送られる。Zサーボ制御部31は、この検出値に基づいて3次元スキャナ22の高さ方向を制御するよう3次元スキャナ22に制御信号を送るので、カンチレバー21は、試料Aからの高さが一定となるように走査されることとなる。

#### 【0029】

なお、試料Aの非磁性層52を測定したい場合、自由層50を取り除き非磁性

層 52 を表面に露出させ、カンチレバー 21 を非磁性層 52 に接触させた状態で、上述したように試料 A の電流値を計測しながらカンチレバー 21 を移動させる。この走査によって、例えば、試料 A の非磁性層 52 に絶縁不良個所が生じていた場合、その部分より電流がリークするので、試料 A の漏れ電流像や絶縁特性分布等を容易に得ることができる。

#### 【0030】

この電気特性評価装置 1 においては、試料 A の近傍に一对の磁場コイル 10 が配設され、且つ試料 A に与える磁場の大きさ、磁場の向き等を磁気センサ 11、磁場用コイル電源 15、磁場コントローラ 16 及びシステムコントローラ 30 により所望の磁場を変化させながら、試料 A の微小領域における電流値を測定することができる。従って、任意の磁場中で試料 A の微小領域における、例えば、電流分布、導電性分布、電気抵抗分布、磁気抵抗分布等を計測でき、容易に試料 A の電気的特性を評価することができる。これにより、従来測定することが困難であった磁気抵抗効果素子等の試料についても、容易且つ確実にその電気特性を評価することができる。また、カンチレバー 21 を試料 A 上で走査させることにより、容易に試料 A の電流分布や絶縁特性分布、表面形状等を計測することができる。

#### 【0031】

また、一对の磁場コイル 10 が、互いに対向配置され、この一对の磁場コイル 10 に挟まれた中央位置において、磁気センサ 11 及びカンチレバー 21 が配されているので、一对の磁場コイル 10 によって発生された磁場の大きさの勾配分布が試料 A の測定領域で最小となり、所望の磁場を高精度に得やすい。

更に、一对の磁場コイル 10 の磁極部材 10a が、先端を試料 A の測定領域に向け測定領域表面に対して斜めに配されているので、試料 A の測定領域に対して可能な限り近づけて、局所的に磁場を発生させることができる。また、低い電流量で効果的に磁場を発生させることができる。

#### 【0032】

なお、本発明の技術範囲は、上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において、種々の変更を加えることが可能である。

本実施形態では、試料 A を走査する際に、カンチレバー 21 を微小移動させた  
が、これに限られず、カンチレバー 21 と試料 A とが相対的に移動可能に構成さ  
れていれば良い。例えば、3次元スキャナ 22 により試料台 20 を微小移動させ  
ても良い。

また、カンチレバー 21 の撓み量の測定機構として、レーザ光源 23、光位置  
検出器 24 からなる光てこ方式の撓み測定機構 41 を採用したが、これに限られ  
ずカンチレバー 21 の撓み量を測定できる構成であれば良い。例えば、カンチレ  
バーを自己検知型カンチレバーとして、撓み量をカンチレバー自身が検出する構  
成にしても良い。

更に、電流増幅器 25 を一つ接続した構成としたが、複数接続した構成にして  
も構わない。この場合、例えば、電流測定幅の異なるものを接続することにより  
、試料の微小領域における電流値を広領域で測定することが可能となり、同時に  
電流増幅器が自動的に切り替わることにより、確実に電気特性を得ることができ  
る。

### 【0033】

#### 【発明の効果】

この発明に係る電気特性評価装置においては、磁場発生機構を備えているので  
、被測定物に対して磁場を作用させることが可能になり、電気特性計測部により  
被測定物に流れる電流又は電気抵抗が任意の磁場中で測定可能になる。これによ  
り、任意の磁場中で探針と接触している微小な測定領域の、例えば、電流分布、  
導電性分布、電気抵抗分布等の電気特性を得ることができる。従って、上述した  
被測定物の電気特性が、外部磁場によりどのように変化するか等の外部磁場の影  
響具合を観察することができる。特に、従来電気特性評価が困難であった、磁気  
抵抗効果素子等の試料について、容易に且つ確実に電気特性評価を行うことがで  
きる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施形態に係る電気特性評価装置を示す構成図である

。

【図 2】 図 1 に示す電気特性評価装置の磁場発生コイル、カンチレバー、

磁気センサの配置状態を示す要部の拡大図であって、(a)は側面図、(b)は上面図である。

【図3】 磁場発生コイルの発生する外部磁界の向きと、試料の内部磁界の向きとの関係を示す図であって、試料の自由層及び固定層の内部磁界の向きが同一方向の場合を示す図である。

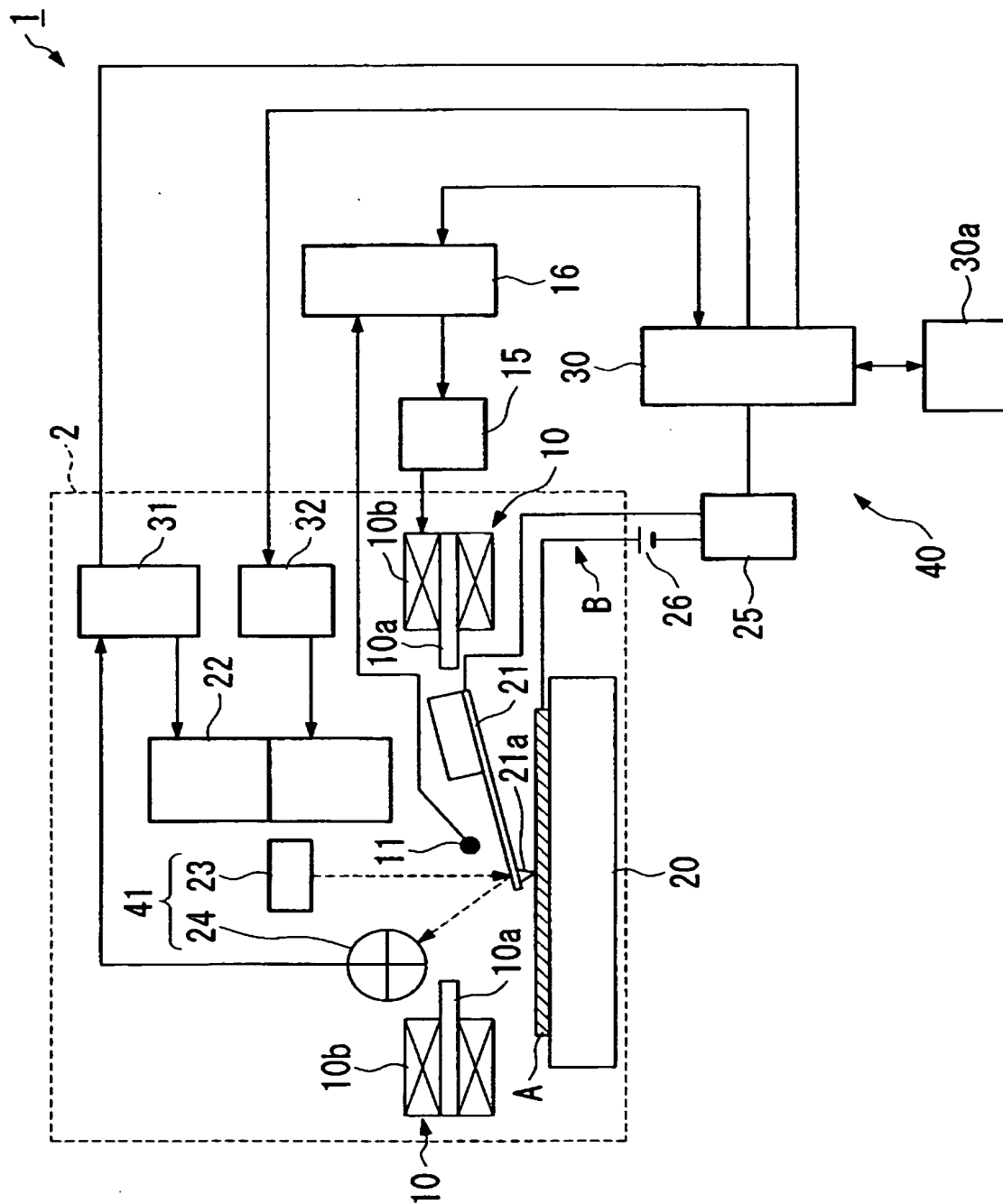
【図4】 磁場発生コイルの発生する外部磁界の向きと、試料の内部磁界の向きとの関係を示す図であって、試料の自由層及び固定層の内部磁界の向きが逆方向の場合を示す図である。

【符号の説明】

- A 試料 (被測定物)
- 1 電気特性評価装置
  - 10 磁場コイル (磁場発生機構)
    - 10a 磁極部材
  - 11 磁気センサ
- 21 カンチレバー (接触子)
  - 21a 探針
- 22 3次元スキャナ (移動機構)
- 26 バイアス電圧源 (電圧源)
- 31 Zサーボ制御部 (制御部)
- 40 電気特性計測部
  - 41 撓み測定機構

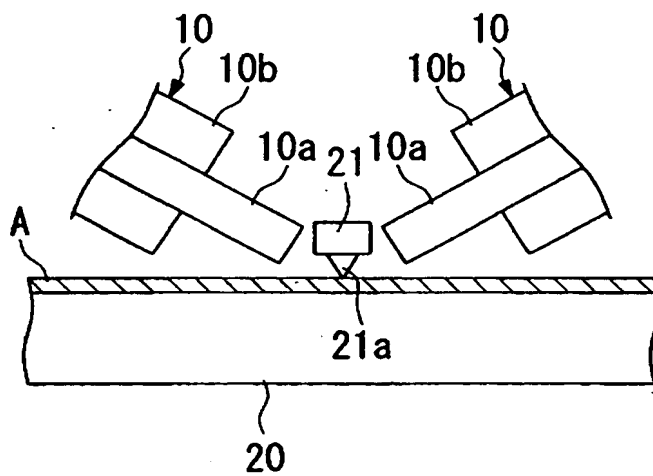
【書類名】 図面

【図 1】

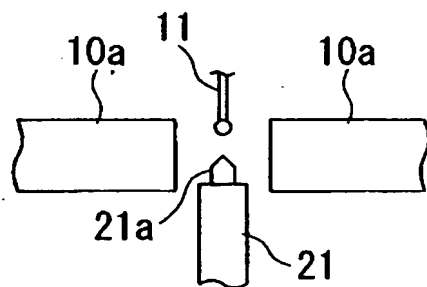


【図 2】

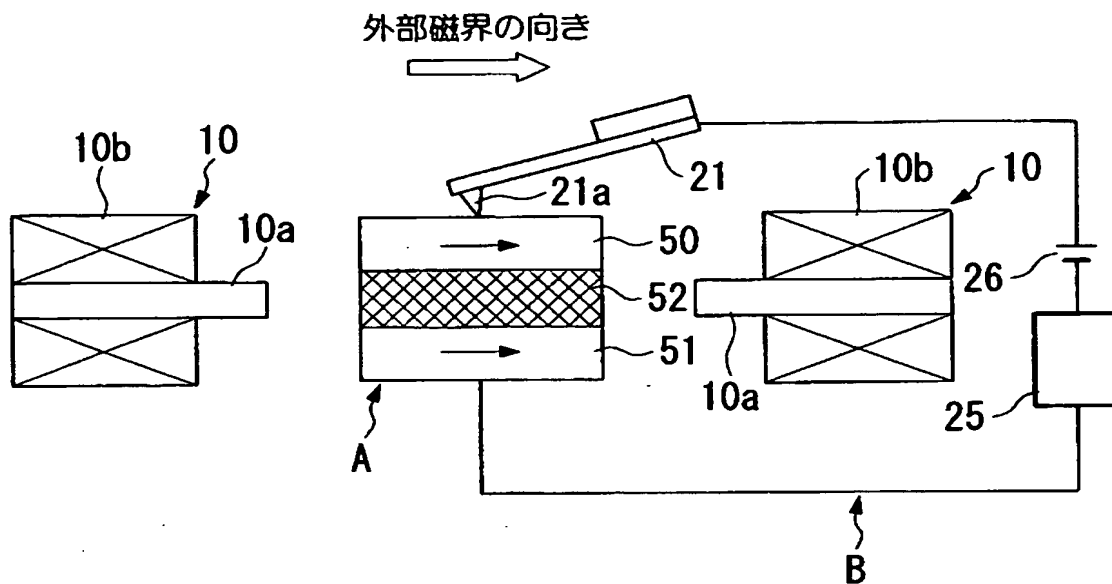
(a)



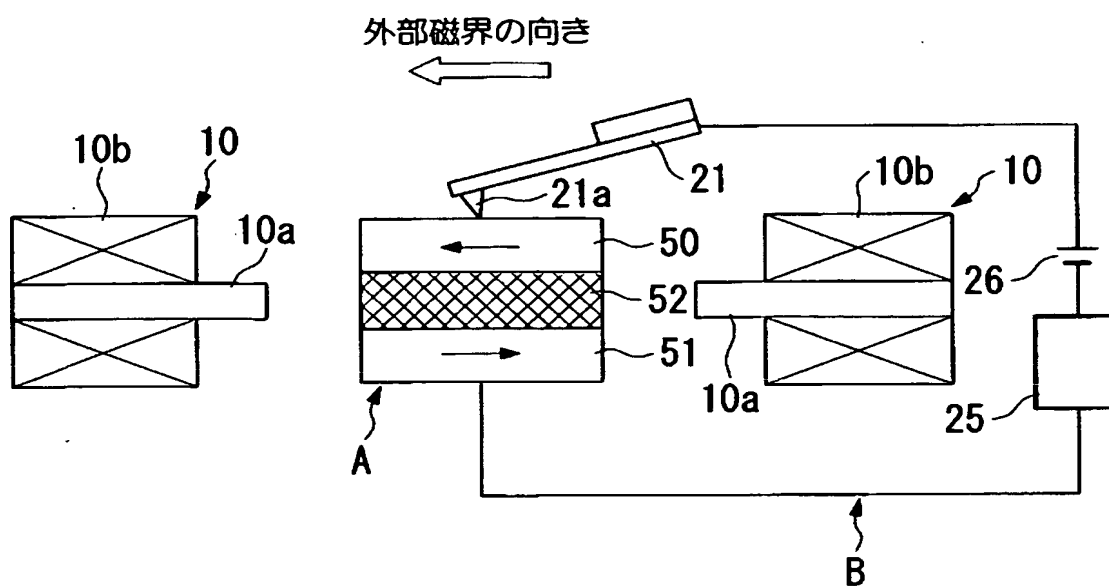
(b)



【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 試料を磁場空間中に置き、磁界の大きさやその変化量を制御しながら試料の微小領域における電流等を測定することが可能な電気特性評価装置を提供すること。

【解決手段】 被測定物 A の電気特性を測定する電気特性評価装置 1 であって、被測定物 A の測定領域に磁場を発生させる磁場発生機構 1 0 と、測定領域近傍で磁場を測定する磁気センサ 1 1 と、導電性の探針 2 1 a を有して該探針 2 1 a が測定領域に接触可能に支持された接触子 2 1 と、探針 2 1 a に電圧を印加する電圧源 2 6 と、互いに接触状態とされた探針 2 1 a と被測定物 A との間における電流又は電気抵抗を測定する電気特性計測部 4 0 とを備えた電気特性評価装置 1 を採用した。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 9 1 9 8 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 2 3 2 5 ]

1. 変更年月日

1 9 9 7 年 7 月 2 3 日

[変更理由]

名称変更

住 所

千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地

氏 名

セイコーインスツルメンツ株式会社